

GUÍA RÁPIDA FORMATIVA

MEDIDA DE LA RESISTENCIA DE LA TOMA DE TIERRA



INTRODUCCIÓN



Por seguridad, cualquier instalación de toma de tierra debe ser comprobada en el momento de dar de alta la instalación para su puesta en marcha o en funcionamiento.

El mantenimiento de las tomas de tierra está regulado, en España se utiliza el REBT 2002 en la sección **ITC-BT-18** donde figura que, al menos anualmente, un profesional debe realizar la comprobación de la instalación de puesta a tierra, en la época en la que el terreno esté más seco.

El sistema de puesta a tierra debe evitar que aparezcan diferencias de potencial peligrosas en las masas metálicas de la instalación, y permitir el paso a tierra de las corrientes de fuga de los receptores electrónicos, así como de las altas corrientes de descarga de origen atmosférico.

"Desde Temper, aportamos soluciones para las inspecciones periódicas de las instalaciones eléctricas"

¿Cómo funcionan los medidores de impedancia de tierra?

Existen dos tipos de medidores de impedancia de tierra:



1. **Telurómetros:** medidores de resistencia de tierra de tres y cuatro hilos.

2. **Pinzas de medida de la impedancia de bucle de tierra.**

La diferencia fundamentalmente entre ambos tipos, es que con los **telurómetros**, la medición se hace a través de picas metálicas clavadas en el terreno (método convencional), mientras que con las **pinzas** o **medidores de impedancia de bucle**, no es necesario este proceso.

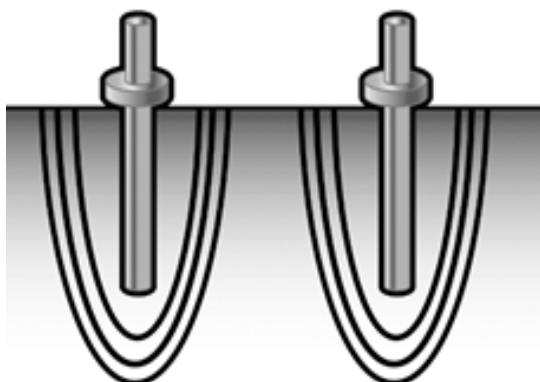
En el caso de las pinzas, éstas se colocan abrazando cualquier punto del circuito de tierra o del cable de conexión. Estas pinzas cuentan con dos toroidales, a través de uno se induce una tensión determinada y el otro es el encargado de medir la corriente. El medidor determinará automáticamente la resistencia del lazo de tierra en esta conexión a tierra

MÉTODOS DE MEDIDA IMPEDANCIA DE TIERRA



Se distinguen cuatro métodos de medida de resistencia eléctrica: **método de caída de potencial (3/4 hilos)**, **método selectivo**, **método de la medida sin picas** y **método bipolar**.

La profundidad de medida nunca será inferior a 0,50 m. Sin embargo, la resistividad puede disminuir con la profundidad. Una forma de reducir la impedancia de la toma de tierra es colocar el electrodo a mayor profundidad. Otros métodos comunes para aumentar la eficacia de un electrodo son el uso de una serie de picas, un anillo conductor o una malla.



En el caso de varias picas, para aumentar la eficacia, cada pica debe encontrarse fuera del "área de influencia" de las demás.

Método de caída de potencial

El **método de caída de potencial** es el método "tradicional" de medida de la resistencia de la toma de tierra, y es el que utilizan los telurómetros. Para medir la resistencia de la toma de tierra empleando este método, es necesario desconectar previamente el electrodo de puesta a tierra de la instalación, maniobra que se ejecuta en el borne principal de tierra que, generalmente, está ubicado en el cuarto de contadores de la instalación.

Descripción del método - caída de potencial

El telurómetro requiere tres conexiones para realizar la medida de la resistencia de la toma de tierra, si bien los medidores más precisos pueden requerir de una cuarta conexión para eliminar del resultado de la medida la resistencia de los propios cables de prueba.

Las conexiones que se deben realizar son (figura 1):

- **E/CT:** conexión de la borna E del telurómetro al electrodo bajo prueba.
- **C/P1:** conexión de la borna C del telurómetro a la pica P1 llamada pica auxiliar de referencia de potencial. Esta pica pertenece a la dotación del telurómetro y se deberá clavar en la tierra a cierta distancia del electrodo bajo prueba.

- **P/P2:** conexión de la borna P del telurómetro a la pica P2 auxiliar de inyección de corriente. Esta pica también es un accesorio del telurómetro, y se deberá clavar en la tierra a una distancia aún mayor.

El telurómetro inyecta una corriente alterna en la tierra a través de electrodo que se está comprobando, E, y la pica de corriente P1. A continuación, mide la caída de tensión entre las picas P2 y E. Por último, mediante la Ley de Ohm, se calcula la resistencia entre P2 y E. Como se puede ver, la resistencia de conexión a tierra de las picas auxiliares no afecta a la medida. Para realizar la prueba, la pica P1 se coloca a cierta distancia del electrodo que se desea verificar.

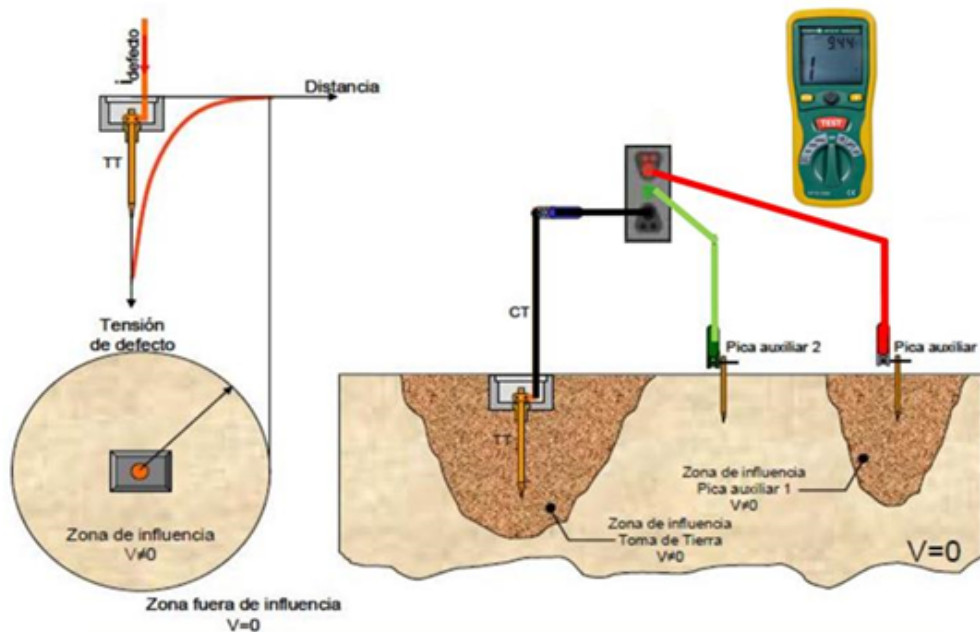


Figura 1 - Esquema conexión (caída de potencial)

Posteriormente, manteniendo la pica P1 fija, se desplaza la pica P2 por la línea entre E y P1 para verificar si hay variación de la impedancia en el trayecto.

Pero, **¿En qué lugar se deben clavar las picas para obtener una lectura correcta de la resistencia de la toma de tierra? ¿En qué punto la tierra que rodea al electrodo deja de contribuir a la resistencia y se convierte en simple suelo, a un potencial de cero voltios?**

Evidentemente, si esta pica está en contacto con el electrodo bajo prueba, la medida resultante será cero, mientras que, si el contacto lo hace con la pica de inyección de corriente, la medida corresponderá a la suma de las resistencias del electrodo y de esta última pica.

Para un determinado rango de posiciones de la pica de referencia, el valor medido no varía.

Es necesario que en los puntos donde se realizó la medición, estén fuera del rango de influencia de las picas, ofreciendo dichos puntos la medida correcta de la resistencia del electrodo (Tablas 1(1) y 2).



TABLA 1⁽¹⁾. POSICIÓN APROXIMADA DE LAS PICAS AUXILIARES SEGÚN LA REGLA DEL 62% (M)

Posición aproximada de las picas auxiliares según a regla del 62% (en metros)		
Profundidad del electrodo que se está comprobando (E)	Distancia desde E a la pica de referencia de tensión (P2)	Distancia desde E a la pica de inyección de corriente (C2)
6	50	82
8	62	100
20	81	131
30	100	161

TABLA 2. POSICIÓN APROXIMADA DE LAS PICAS AUXILIARES PARA GRUPOS DE ELECTRODOS (M)

Posición aproximada de las picas auxiliares para grupos de electrodos (en metros)		
Dimensión mayor (diagonal, diámetro o línea recta) del grupo de electrodos que se está comprobando (E)	Dimensión mayor (diagonal, diámetro o línea recta) del grupo de electrodos que se está comprobando (E)	Dimensión mayor (diagonal, diámetro o línea recta) del grupo de electrodos que se está comprobando (E)
65	65	65
80	80	80
100	100	100
165	165	165
230	230	230

(1) **La regla del 62%:** Si se va a comprobar un electrodo simple en un terreno uniforme y se puede colocar la pica de inyección de corriente a una distancia igual o superior a 30 m del electrodo que se está comprobando, es posible reducir el número de medidas.

Para ello, se colocará la pica de referencia de tensión al 62% de la distancia entre la pica y el electrodo y se realizarán tres medidas: una medida normal, una con la sonda de referencia de tensión 1m más cerca del electrodo que se está comprobando y otra 1m más alejado. Las lecturas deben ser prácticamente iguales y se podrá registrar la primera lectura como valor de la resistencia.

(2) **Técnica de la pendiente de Tagg:** Este método se utiliza en las verificaciones en las que las sondas de inyección de corriente y de referencia de tensión no están fuera de la influencia del electrodo que se está comprobando. Si ya se dispone de lecturas en los puntos del 20%, 40% y 60% entre E y P2, se puede calcular el coeficiente μ :

$$\mu = \frac{(R_{60\%} - R_{40\%})}{(R_{40\%} - R_{20\%})}$$

En la Tabla 3 se encuentran las equivalencias entre μ y el valor de P1/P2. Este valor indica el punto del gráfico de la curva característica en el que es fiable determinar la resistencia de la toma de tierra.

CONSEJOS

- Utilice una cinta métrica de gran longitud.
- Una buena idea es realizar tres de las lecturas de resistencia con la pica P2 a un 20%, 40% y 60% de la distancia entre E y P1. De esta forma, podrá utilizar la técnica de la pendiente de Tagg(2).
- Al colocar las picas, asegúrese de que la pica de corriente, la pica de potencial y el electrodo que se desea comprobar se encuentran en línea recta.
- Si se obtiene una medición de impedancia muy elevada o fuera de rango, pruebe a verter una pequeña cantidad de agua alrededor de las picas de prueba para mejorar el contacto con la tierra. Esta práctica no falsea los datos, ya que la intención no es medir la resistencia de las picas, sino la resistencia del electrodo.
- Mantenga separados los cables de potencial y de corriente para evitar un acoplamiento de la señal.
- En un emplazamiento de nueva construcción, debería realizar varias series de medidas. La resistencia puede caer con el tiempo debido a la sedimentación de la tierra.

TABLA 3. EQUIVALENCIAS PARA LA TÉCNICA DE LA PENDIENTE DE TAGG

μ	P1/P2	μ	P1/P2	μ	P1/P2	μ	P1/P2	μ	P1/P2
	%		%		%		%		%
0.40	64.3	0.65	60.6	0.90	56.2	1.15	50.7	1.40	43.1
0.41	64.2	0.66	60.4	0.91	56.0	1.16	50.4	1.41	42.7
0.42	64.0	0.67	60.2	0.92	55.8	1.17	50.2	1.42	42.3
0.43	63.9	0.68	60.1	0.93	55.6	1.18	49.9	1.43	41.8
0.44	63.7	0.69	59.9	0.94	55.4	1.19	49.7	1.44	41.4
0.45	63.6	0.70	59.7	0.95	55.2	1.20	49.4	1.45	41.0
0.46	63.5	0.71	59.6	0.96	55.0	1.21	49.1	1.46	40.6
0.47	63.3	0.72	59.4	0.97	54.8	1.22	48.8	1.47	40.1
0.48	63.2	0.73	59.2	0.98	54.6	1.23	48.6	1.48	39.7
0.49	63.0	0.74	59.1	0.99	54.4	1.24	48.3	1.49	39.3
0.50	62.9	0.75	58.9	1.00	54.2	1.25	48.0	1.50	38.9
0.51	62.7	0.76	58.7	1.01	53.9	1.26	47.7	1.51	38.4
0.52	62.6	0.77	58.5	1.02	53.7	1.27	47.4	1.52	37.9
0.53	62.4	0.78	58.4	1.03	53.5	1.28	47.1	1.53	37.4
0.54	62.3	0.79	58.2	1.04	53.3	1.29	46.8	1.54	36.9
0.55	62.1	0.80	58.0	1.05	53.1	1.30	46.5	1.55	36.4
0.56	62.0	0.81	57.9	1.06	52.8	1.31	46.2	1.56	35.8
0.57	61.8	0.82	57.7	1.07	52.6	1.32	45.8	1.57	35.2
0.58	61.7	0.83	57.5	1.08	52.4	1.33	45.5	1.58	34.7
0.59	61.5	0.84	57.3	1.09	52.2	1.34	45.2	1.59	34.1
0.60	61.4	0.85	57.1	1.10	51.9	1.35	44.8		
0.61	61.2	0.86	56.9	1.11	51.7	1.36	44.5		
0.62	61.0	0.87	56.7	1.12	51.4	1.37	44.1		
0.63	60.9	0.88	56.6	1.13	51.2	1.38	43.8		
0.64	60.7	0.89	56.4	1.14	50.9	1.39	43.4		

MÉTODOS DE MEDIDA IMPEDANCIA DE TIERRA



Método medida sin picas

El método de la medida sin picas permite medir la impedancia del bucle de tierra de la instalación sin necesidad de desconectar su toma de tierra y sin utilizar ninguna pica auxiliar de medida. La medida del valor de la resistencia de bucle es necesaria para comprobar el correcto funcionamiento de los sistemas de protección basados en la utilización de fusibles o interruptores automáticos en sistemas de distribución TN e IT principalmente.

La **resistencia de bucle tiene un valor muy próximo al valor de la resistencia de tierra:**

$$Z_{BUCLE\ ZL-PE} = Z_{CABLE} + Z_{2^{\circ}TRAFO} + R_{TIERRA}$$

$$Z_{BUCLE\ ZL-PE} \approx R_{TIERRA}$$

Puesto que este método utiliza la instalación de la alimentación (o suministro eléctrico) como parte del circuito, sólo se puede utilizar una vez que el cableado está finalizado, es decir, no se puede utilizar antes del enganche al suministro de la instalación a verificar. Durante este tipo de medidas, que se realizan en tensión, es necesario puentear provisionalmente cualquier interruptor diferencial instalado aguas arriba del punto de prueba.

En este método, la pinza mide la resistencia total de todos los componentes anteriores, que están conectados en serie. Una lectura anormalmente elevada o una indicación de circuito abierto en el instrumento indica una conexión incorrecta entre dos o más de los componentes fundamentales mencionados con anterioridad.

¿Cómo funcionan los medidores de impedancia de tierra sin picas?

El funcionamiento de un **medidor de impedancia de bucle** consiste en cargar el circuito en el punto de prueba mediante una resistencia calibrada que se conecta durante un tiempo muy breve (del orden de milisegundos) de forma que circula una intensidad conocida.

El instrumento mide tensión tanto antes como durante el tiempo que circula la corriente, siendo la diferencia entre ambas la caída de tensión en el circuito ensayado. Finalmente, el cociente entre la caída de la tensión y el valor de la intensidad de carga, nos da el valor de la impedancia de bucle.

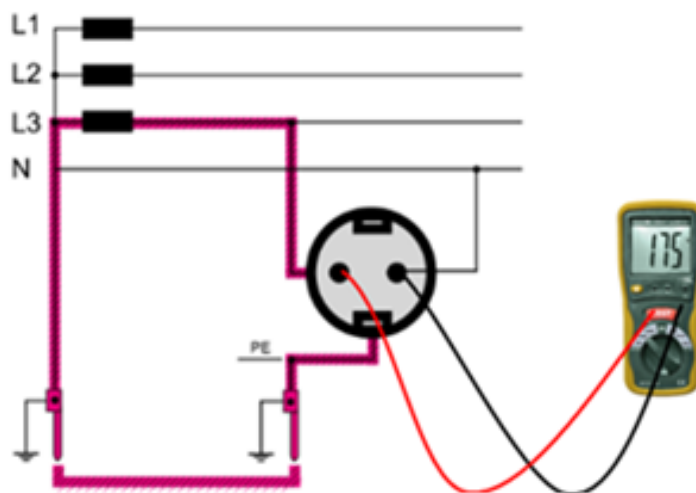


Para realizar la medida, el medidor utiliza un transformador especial que genera una tensión en el conductor de tierra con una frecuencia de prueba especial. Además, utiliza un segundo transformador para medir la corriente resultante en el bucle de tierra, específicamente a la frecuencia de la tensión de prueba.

En general, el método sin picas siempre requiere una ruta de baja impedancia en paralelo con el electrodo que se está comprobando. El electrodo de puesta a tierra de la mayoría de las instalaciones se encuentra en paralelo con otros muchos electrodos de puesta a tierra de la compañía eléctrica. La impedancia de estos electrodos de puesta a tierra se combina por lo general en una impedancia muy baja.

Cuando se comprueba el electrodo de conexión a tierra de una instalación TN-S con este método, en realidad se comprueba un lazo que incluye:

- El electrodo que se quiere verificar
- El conductor de tierra
- El borne principal de tierra
- El conductor PE de la alimentación
- La conexión de neutro a tierra de la alimentación
- El conductor de tierra de la alimentación
- La toma de tierra de la alimentación



¿Cómo saber si la medida es correcta?

Existen algunas dificultades potenciales en este método. Si la medida se realiza en el lugar incorrecto del sistema se podría estar midiendo la resistencia de un lazo compuesto exclusivamente por conductores, como, por ejemplo, en el anillo que forman los conductores de protección con los del sistema de protección contra rayos.

En este caso, la resistencia eléctrica del lazo conductor sería muy baja, lo que nos puede alertar de que la medida no es correcta. En general, si el valor de las lecturas es inferior a 1Ω , se debe volver a repetir la comprobación para garantizar que no se está midiendo un lazo conductor cableado en lugar de la resistencia de la tierra.

También se pueden obtener lecturas bajas debido a la interacción con otros electrodos muy cercanos con conductos enterrados, tuberías de agua, etc. La calidad de la medida depende del número de rutas paralelas que no interaccionan con el electrodo que se pretende medir.

Si un edificio con sistema TN solo recibe suministro de un transformador con un único electrodo en su puesta a tierra y no se puede asumir la existencia de varias rutas, la medida indicará la suma de las resistencias de las tomas de tierra del edificio y del transformador. Afortunadamente, las tomas de tierra de los transformadores de las compañías eléctricas suelen ser buenas, con lo que la medida de la resistencia del bucle vendrá determinada fundamentalmente por la resistencia de la toma del edificio. Si el valor de la resistencia del bucle cumple con los límites establecidos para la toma de tierra de la instalación, sabremos que la medida es buena.

- **R tierra que cumpla:**
 - $U_c < 50V$ en lugares secos
 - $U_c < 25V$ en lugares húmedos
- **Valores máximos:**
 - $R_{tierra} < 37\Omega$
 - $R_{tierra} < 15\Omega$ en pararrayos

COMPARATIVA DE LOS MÉTODOS RESISTENCIA DE TIERRA



CAÍDA DE POTENCIAL

Ventajas	Desventajas
<ul style="list-style-type: none">✓ Ampliamente aceptado✓ La medida es correcta cuando puede realizarse la curva característica	<ul style="list-style-type: none">✗ Es necesario desconectar la tierra✗ Puede ser difícil clavar las picas

MÉTODO SELECTIVO

Ventajas	Desventajas
<ul style="list-style-type: none">✓ No es necesario desconectar el electrodo✓ Ampliamente aceptado✓ La medida es correcta cuando puede realizarse la curva característica	<ul style="list-style-type: none">✗ Puede ser difícil clavar las picas✗ Puede que no exista espacio alrededor del electrodo de puesta a tierra para clavar las picas

MÉTODO BIPOLAR

Ventajas	Desventajas
<ul style="list-style-type: none">✓ Comodidad	<ul style="list-style-type: none">✗ Imposible juzgar la integridad del "electrodo auxiliar"✗ No se puede estar seguro de encontrarse fuera del área de influencia

MÉTODO SIN PICAS

Ventajas	Desventajas
<ul style="list-style-type: none">✓ Comodidad: no hay necesidad de clavar picas, buscar arquetas, etc.✓ Se puede realizar en cuadro eléctrico✓ Se puede realizar en tensión✓ Favorable en entornos urbanos	<ul style="list-style-type: none">✗ Asume una ruta paralela de baja impedancia✗ Posibilidad de obtener lecturas muy bajas al medir por error un lazo cableado

PRODUCTOS DE PUESTA A TIERRA



Desde **TEMPER ENERGY INTERNATIONAL S.L.** contamos con una familia completa para la realización de las verificaciones pertinentes de medida resistencia de tierra, ajustándonos a las diferentes aplicaciones e instalaciones de estudio, siempre desde la eficiencia energética.

1.1. **KRT-01-4P (0767529)**

Medidor de resistencia de tierra digital o telurómetro a 3 hilos con categoría de empleo CATIII 1000V. Destinado a mediciones de resistencia a tierra, tensión AC/DC, resistividad del terreno y continuidad.

1.2. **KRB-01 (0767401)**

Medidor de resistencia de bucle digital con categoría de empleo CATIII 600V. Destinado a mediciones de resistencia a tierra, tensión AC y corriente de cortocircuito.

1.3. **KCER-01MF (0767532)**

Controlador multifunción de instalaciones para sistemas monofásicos con categoría de empleo CATIV 400V. Permite realizar diferentes tipos de pruebas como resistencia de aislamiento, resistencia de bucle, resistencia de tierra, continuidad, mediciones de tensión y frecuencia, secuencia de fases y comprobación de diferenciales. Permite ofrecer en un solo equipo mediciones necesarias e imprescindibles para la seguridad y el buen funcionamiento de instalaciones de sistemas eléctricos y edificios.



KRT-01-4P



KRB-01



KCER-01MF

Producto	Referencia	Caída de potencial	Sin picas
KRT-01-4P	0767529	✓	✗
KRB-01	0767401	✗	✓
KCER-01MF	0767532	✓	✓